

# METHOD AND DEVICE FOR NON-CONTACT ENERGY TRANSMISSION

Publication number: DE10053373

Publication date: 2002-05-16

Inventor: UHL THOMAS (DE)

Applicant: SEW EURODRIVE GMBH & CO (DE)

Classification:

- International: **H02J5/00; H02M3/158; H02J5/00; H02M3/04; (IPC1-7):**  
H02J17/00; H02J5/00; H02M7/06

- European: H02J5/00T; H02M3/158P

Application number: DE20001053373 20001027

Priority number(s): DE20001053373 20001027

Also published as:



WO0235676 (A1)



US2004051628 (A1)

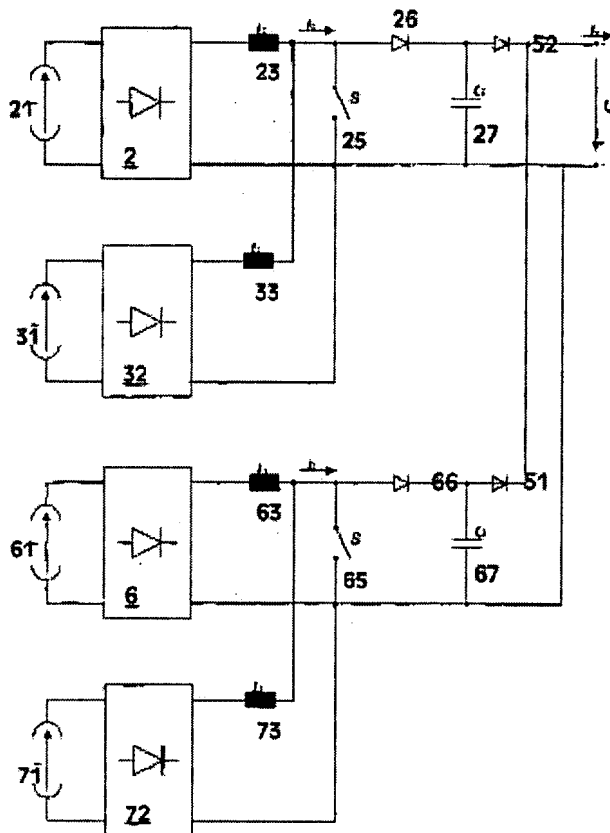


EP1338071 (A0)

[Report a data error here](#)

## Abstract of DE10053373

The invention relates to a method and device for non-contact energy transmission from one or several medium frequency current sources (21, 31, 61, 71), the mean frequencies of which may have deviations of fM, to one or several moving users, by means of one or several transmission lines and transmission heads provided for the moving user, with one or several matching regulators in series, for regulating the power drawn from the transmission line. The transmission lines are fed by the medium frequency current source with currents which are constant with regard to the effective value thereof. The currents fed to a matching regulator are each rectified in a rectifier (22, 32, 62, 72), smoothed with a link-circuit choke (23, 33, 63, 73) and combined, whereby said intermediate circuit current is either fed to the link circuit capacitor (27, 67), buffering the output voltage of the matching regulator, or drawn off said link circuit capacitor, according to the power requirements of the user connected to the matching regulator, by means of a single switch (5). The switching frequency of said switch is selected with a fixed value from within a tolerance band with a 10 % spread about 1/ fM and the output voltages from several matching regulators may be connected in parallel to supply a user, by means of diodes (51, 52).





⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 53 373 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 02 J 17/00**  
H 02 M 7/06  
H 02 J 5/00

⑳ Aktenzeichen: 100 53 373.6  
㉔ Anmeldetag: 27. 10. 2000  
㉕ Offenlegungstag: 16. 5. 2002

**DE 100 53 373 A 1**

㉑ Anmelder:  
SEW-Eurodrive GmbH & Co, 76646 Bruchsal, DE

㉒ Erfinder:  
Uhl, Thomas, 76646 Bruchsal, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur berührungslosen Energieübertragung

⑤⑦ Verfahren und Vorrichtung zur berührungslosen Energieübertragung aus einer oder mehreren Mittelfrequenzstromquellen, deren Mittelfrequenzen Abweichungen um  $f_M$  aufweisen können, auf einen oder mehrere bewegte Verbraucher über eine oder mehrere Übertragungstrecken und aus den bewegten Verbrauchern zugeordneten Übertragerköpfen mit einem oder mehreren nachgeschalteten Anpassstellern zum Einstellen der von den Übertragungstrecken aufgenommenen Leistung, wobei die Übertragungstrecken von den Mittelfrequenzstromquellen mit in ihren Effektivwerten konstanten Strömen gespeist werden, wobei die in einen Anpasssteller eingespeisten Ströme jeweils in einem Gleichrichter gleichgerichtet, mit jeweils einer Zwischenkreisdrossel geglättet und zusammengeführt werden, wobei dieser Zwischenkreisstrom je nach Leistungsbedarf der an dem Anpasssteller angeschlossenen Verbraucher mittels eines einzigen Schalters entweder dem die Ausgangsspannung des Anpassstellers puffernden Zwischenkreiskondensator zugeführt oder vor diesem Zwischenkreiskondensator abgeleitet wird, wobei die Schaltfrequenz des Schalters als fester Wert aus einem 10%-breiten Toleranzband um  $1/f_M$  gewählt wird, wobei die Ausgangsspannungen mehrerer Anpasssteller zur Versorgung eines Verbrauchers über Dioden parallel schaltbar sind.

**DE 100 53 373 A 1**



[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur berührungslosen Energieübertragung.

[0002] Aus der DE 197 35 624 C1 ist ein Verfahren bekannt zur berührungslosen Energieübertragung elektrischer Leistung aus einer Mittelfrequenzstromquelle mit einer Mittelfrequenz  $f_M$  auf einen oder mehrere bewegte Verbraucher über eine Übertragungsstrecke und aus den bewegten Verbrauchern zugeordneten Übertragerköpfen mit nachgeschaltetem Anpasssteller zum Einstellen der von der Übertragungsstrecke aufgenommenen Leistung, wobei die Übertragungsstrecke von der Mittelfrequenzstromquelle mit einem während der Leistungsübertragung in seinem Effektivwert konstanten Mittelfrequenzstrom gespeist wird.

[0003] Der Anpasssteller wandelt den aus dem Übertragerkopf eingepprägten mittelfrequenten Strom in eine Gleichspannung. Wie in den Fig. 3, 7a und 7b und zugehöriger Beschreibung der DE 197 35 624 C1 beschrieben, wird der Schalter  $T_S$  synchron zum Verlauf und mit der doppelten Frequenz des Eingangstroms des Anpassstellers betrieben. Ein erheblicher Nachteil ist jedoch, dass diese hohe Schaltfrequenz  $2f_M$  hohe Schaltverluste zur Folge hat. Ein weiterer Nachteil ist, dass sich das synchrone Prinzip nicht mehr aufrecht erhalten lässt bei Verwendung mehrerer asynchron arbeitender Einspeisungen zur Versorgung eines Anpassstellers.

[0004] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur berührungslosen Energieübertragung weiterzubilden, wobei eine niedrige Schaltfrequenz des Schalters und die Verwendung asynchron arbeitender Einspeisungen zur Versorgung eines Anpassstellers ausführbar sein sollen.

[0005] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei dem Verfahren zur berührungslosen Energieübertragung nach den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen und bei einer Vorrichtung zur Verwendung bei einem solchen Verfahren nach den in Anspruch 6 angegebenen Merkmalen gelöst.

[0006] Wesentliche Merkmale der Erfindung bei dem Verfahren zur berührungslosen Energieübertragung sind, dass aus einer oder mehreren Mittelfrequenzstromquellen, deren Frequenzen kleine Abweichungen um die Mittelfrequenz  $f_M$  aufweisen können, auf mindestens einen bewegten Verbraucher über eine oder mehrere Übertragungsstrecken und den Verbrauchern zugeordneten Übertragerköpfen mit nachgeschaltetem Anpasssteller zum Einstellen der von der Übertragungsstrecke aufgenommenen Leistung, wobei eine Übertragungsstrecke von einer Mittelfrequenzstromquelle mit einem während der Leistungsübertragung in seinem Effektivwert konstanten Mittelfrequenzstrom gespeist wird, wobei der jeweilige Verbraucher von mindestens einem Anpasssteller mit mindestens einer Einspeisung mit Energie versorgt wird, wobei einer oder mehrere eingespeiste Ströme in jeweils einem Gleichrichter gleichgerichtet, mit jeweils einer Zwischenkreisdrossel geglättet und zusammengeführt werden, wobei je nach Leistungsbedarf der Verbraucher der jeweils zusammengeführte Zwischenkreisstrom mittels eines Schalters entweder einem die Ausgangsspannung  $U_+$  des Anpassstellers puffenden Zwischenkreiskondensator zugeführt oder vor diesem abgeleitet wird, und wobei der jeweilige Schalter derart geschaltet wird, dass die Schaltfrequenz  $1/T$  kleiner ist als die zweifache Mittelfrequenz, also  $1/T < 2f_M$ .

[0007] Von Vorteil ist dabei, dass die Schaltverluste geringer sind als bei Verfahren, die eine Schaltfrequenz von  $2f_M$  voraussetzen und dass nicht nur synchron, sondern auch mehrere asynchron arbeitende Einspeisungen zur Versorgung eines Anpassstellers einsetzbar sind. Außerdem ist der

Stromfluss mittels eines einzigen Schalters steuerbar.

[0008] Bei einer vorteilhaften erfindungsgemäßen Ausführungsform wird die Schaltfrequenz  $1/T$  als Wert zwischen  $0,5f_M$  und  $1,5f_M$  gewählt. Von Vorteil ist dabei, dass bei möglichst geringen Schaltverlusten eine Zwischenkreisdrossel mit möglichst kleiner Baugröße einsetzbar ist.

[0009] Bei einer vorteilhaften erfindungsgemäßen Ausführungsform wird das Schalten des Schalters periodisch mit einer Frequenz  $1/T$  und asynchron zu einer oder mehreren mittelfrequenten Einspeisungen derart ausgeführt, dass kein konstanter Phasenbezug zu den Strömen einer oder mehrerer Einspeisungen vorhanden ist. Von Vorteil ist dabei, dass das Verfahren robust ausführbar ist und Mittel zur Synchronisation einsparbar sind.

[0010] Bei einer vorteilhaften erfindungsgemäßen Ausführungsform wird die Zwischenkreisdrossel derart ausgelegt, dass der Zwischenkreisstrom im Betrieb nicht lückt. Von Vorteil ist dabei, dass trotz der obengenannten niedrigen Schaltfrequenz ein kontinuierlicher Leistungsfluss gewährleistet ist.

[0011] Bei einer vorteilhaften erfindungsgemäßen Ausführungsform weisen die Frequenzen der mittelfrequenten Einspeisungen Abweichungen um  $f_M$  auf. Von Vorteil ist dabei, dass die Einspeisungen nicht zueinander synchronisiert werden müssen.

[0012] Wesentliche Merkmale der Erfindung bei der Vorrichtung sind, dass die Mittel zur Ansteuerung des jeweiligen Schalters keine Mittel zur Synchronisation auf die mittelfrequenten Einspeisungen umfassen. Von Vorteil ist dabei, dass die Ansteuerung einfach, kostengünstig und insbesondere robust gegen Störeinflüsse bei asynchron arbeitenden Einspeisungen ist.

[0013] Bei einer vorteilhaften erfindungsgemäßen Ausführungsform umfassen die Mittel zur Ansteuerung des jeweiligen Schalters einen Modulator mit zeitlich linear verlaufenden An- und Abstiegflanken, wobei der Betrag der Steigung der An- und Abstiegflanken unterschiedlich wählbar ist. Von Vorteil ist dabei, dass insbesondere ein einfach und kostengünstig zu generierendes sägezahnförmiges Modulatorsignal verwendbar ist.

[0014] Bei einer vorteilhaften erfindungsgemäßen Ausführungsform weist ein Anpasssteller mehrere Einspeisungen auf, die jeweils einen Gleichrichter speisen, deren Ausgangsströme jeweils über eine Zwischenkreisdrossel zusammengeführt werden und dass ein Schalter derart nachgeschaltet ist, dass der Zwischenkreisstrom je nach Leistungsbedarf des an dem Anpasssteller angeschlossenen Verbrauchers entweder einem die Ausgangsspannung  $U_+$  des Anpassstellers puffenden Zwischenkreiskondensator zugeführt oder vor diesem Zwischenkreiskondensator abgeleitet wird. Von Vorteil ist dabei, dass nicht nur synchron, sondern auch asynchron arbeitenden Einspeisungen einsetzbar sind.

[0015] Bei einer vorteilhaften erfindungsgemäßen Ausführungsform werden die Ausgangsspannungen zweier oder mehrerer Anpasssteller über Dioden parallelgeschaltet zur Versorgung eines Verbrauchers. Von Vorteil ist dabei, dass die zur Verfügung stellbare Leistung beliebig erhöhbar ist.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Einspeisesteller (ESS)
- 2 Gyrator
- 3 Anpasstransformator
- 4 Übertragungsstrecke
- 5 Übertragerkopf mit Kompensationskondensator
- 6 Anpasssteller (APS)
- 7 Verbraucher
- 21, 31, 61, 71 Einspeisung



22, 32, 62, 72 Gleichrichter  
 23, 33, 63, 73 Zwischenkreisdrossel  
 25, 65 Schalter  
 26, 66, 51, 52 Diode  
 27, 67 Zwischenkreiskondensator  
 $I_-$  Ausgangsstrom des Anpasstellers  
 $I_Z$  Zwischenkreisstrom  
 $I_{ZV}$  geglättetes Signal des Zwischenkreisstromes  
 $I_{SZ}$  sägezahnförmiges Modulatorsignal  
 $I_{ST}$  Steuersignal  
 $I_A$  Stromquelle, Ausgangsstrom des Gyrators  
 $I_G$  Strom in der Übertragungsstrecke  
 $U_{soll}$  Sollspannung  
 $U_-$  Ausgangsspannung des Anpasstellers  
 $U_A$  Ausgangsspannung des Einspeisestellers  
 $C_G$  Gyrator-Kapazität  
 $L_G$  Gyrator-Induktivität  
 $\bar{U}$  Übersetzungsverhältnis des Anpasstransformators  
 $w_2$  Windungszahl des Übertragerkopfes  
 $f_M$  Mittelfrequenz  
 $K_D$  Verstärkung des Dämpfungsglieds  
 $K_U$  Verstärkung des Spannungsreglers  
 $T_2$  Zeitkonstante des Dämpfungsglieds  
 $T_3$  Verzögerungszeitkonstante der Lastaufschaltung  
 $S_{ein}$  Einschaltsignal für Schalter

[0016] Die Erfindung wird nun anhand von Abbildungen näher erläutert:

[0017] Fig. 1 zeigt ein beispielhaftes Prinzipschaltbild zur berührungslosen Energieübertragung mit einem Anpassteller 6.

[0018] Fig. 2 zeigt ein beispielhaftes Prinzipschaltbild des Anpasstellers mit einer Einspeisung 21.

[0019] Fig. 3 zeigt für ein Ausführungsbeispiel ein Prinzipschaltbild der Regelung und Ansteuerung des Anpasstellers.

[0020] Fig. 4 zeigt ein erfindungsgemäßes Prinzipschaltbild eines weiteren Anpasstellers mit zwei Einspeisungen (21, 31).

[0021] Fig. 5 zeigt für ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel ein Prinzipschaltbild mit zwei Anpasstellern, deren Ausgänge über Dioden parallelgeschaltet sind.

[0022] Fig. 1 zeigt ein erstes beispielhaftes Prinzipschaltbild zur berührungslosen Energieübertragung mit einem Anpassteller 6. Es umfasst einen stationären und einen beweglichen Teil.

[0023] Der stationäre Teil umfasst einen Einspeisesteller 1, einen Gyrator 2, einen Anpasstransformator 3 und eine Übertragungsstrecke 4.

[0024] Der Einspeisesteller 1 wandelt die aus dem Drehstromnetz ( $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ) aufgenommene niederfrequente Wechselspannung in eine mittelfrequente Spannung  $U_A$  mit konstanter Mittelfrequenz  $f_M$ , die beispielhaft 25 kHz beträgt. Ein dem Einspeisesteller 1 nachgeschalteter, resonant betriebener Reihenschwingkreis, der sogenannte Gyrator 2, stellt eine spannungsgesteuerte Stromquelle  $I_A$  dar. Die Gyrator-Kapazität  $C_G$  und die Gyrator-Induktivität  $L_G$  werden entsprechend der Mittelfrequenz  $f_M$  und der Nennleistung des Einspeisestellers 1 ausgelegt.

[0025] Die Stromquelle  $I_A$  speist einen Anpasstransformator 3, dessen Übersetzungsverhältnis  $\bar{U}$  derart ausgelegt ist, dass in der Übertragungsstrecke 4 ein in seinem Effektivwert konstanter Mittelfrequenzstrom  $I_G$  fließt, unabhängig von der Nennleistung des Einspeisestellers 1.

[0026] Der bewegliche Teil umfasst einen Übertragerkopf 5 mit Kompensationskondensator, einen Anpassteller 6 und einen Verbraucher 7. Die Übertragungsstrecke 4 weist einen langgestreckten Leiter auf, an den Spulenwicklungen des

Übertragerkopfes 5 derart induktiv gekoppelt sind, dass eine Energieübertragung an das bewegliche Teil stattfindet. Dabei weist der Übertragerkopf 5 eine Windungszahl  $w_2$  auf, wodurch die Stromstärke einer Einspeisung am Anpassteller 6 bestimmt ist.

[0027] Der Anpassteller 6 wandelt den aus dem Übertragerkopf 5 eingprägten mittelfrequenten Strom in eine Gleichspannung  $U_-$ . Diese Spannung wird in einem Ausführungsbeispiel zur Speisung eines herkömmlichen Frequenzumrichters als Verbraucher 7 verwendet, um einen drehzahlverstellbaren Antrieb auf dem beweglichen Teil zu realisieren.

[0028] Der von der Übertragungsstrecke 4 auf den Übertragerkopf 5 übertragene Strom stellt eine Einspeisung 21 dar. Dieser Strom wird entsprechend der Fig. 2 in einem Gleichrichter 22 des Anpasstellers 6 gleichgerichtet, mit einer Zwischenkreisdrossel 23 geglättet und je nach Leistungsbedarf des an dem Anpassteller 6 angeschlossenen Verbrauchers 7 mittels eines Schalters 25 entweder dem die Ausgangsspannung  $U_-$  des Anpasstellers 6 puffernden Zwischenkreiskondensator 27 zugeführt oder vor diesem Zwischenkreiskondensator 27 abgeleitet.

[0029] Fig. 3 zeigt für ein Ausführungsbeispiel ein Prinzipschaltbild der Regelung und Ansteuerung des Schalters 25 des Anpasstellers. Dabei sind nichtlineare Glieder doppelt und lineare Glieder einfach umrahmt.

[0030] Der lineare Teil umfasst die Komponenten P-Spannungsregler der Verstärkung  $K_U$ , Lastaufschaltung mit einer Verzögerungszeitkonstanten  $T_3$  und Dämpfungsglied, umfassend Verzögerungsglied mit Zeitkonstante  $T_2$  und Proportionalglied der Verstärkung  $K_D$ .

[0031] Der nichtlineare Teil umfasst einen Modulator und ein Zweipunktglied, das ein Einschaltsignal  $S_{ein}$  für den Schalter 25 generiert. Die Eingangsgröße des Zweipunktglieds wird aus der Differenz eines sägezahnförmigen Modulatorsignals  $I_{SZ}$  und einem Steuersignal  $I_{ST}$  gebildet.

[0032] Die Amplitude des sägezahnförmigen Modulatorsignals ist bestimmt durch das geglättete Signal  $I_{ZV}$  des Zwischenkreisstromes. Die Frequenz  $1/T$  des Modulatorsignals wird asynchron zur Frequenz  $f_M$  der Einspeisung 21 vorgegeben.

[0033] Das Steuersignal  $I_{ST}$  besteht aus der Summe der Ausgangssignale des P-Spannungsreglers der Lastaufschaltung und des Dämpfungsglieds.

[0034] Das Ausgangssignal des P-Spannungsreglers ergibt sich durch die mittels eines Proportionalglieds gewichtete Differenz zwischen Sollspannung  $U_{soll}$  und Ausgangsspannung  $U_-$  des Anpasstellers.

[0035] Zur Bildung des Ausgangssignals der Lastaufschaltung wird der Ausgangsstrom  $I_-$  des Anpasstellers einem Verzögerungsglied mit Verzögerungszeit  $T_3$  zugeleitet.

[0036] Das Ausgangssignal des Dämpfungsglieds ergibt sich durch die mittels eines Proportionalglieds gewichtete Differenz von Zwischenkreisstrom  $I_Z$  und geglättetem Signal  $I_{ZV}$  des Zwischenkreisstromes. Die Verstärkung des Proportionalglieds beträgt  $K_D$ .

[0037] Dabei gewährleistet die Regelung und Ansteuerung folgende vorteilhafte Funktionen:

Der Spannungsregler ist als einfacher P-Regler ausgeführt, da die Lastaufschaltung vorsteuernd das Einschaltsignal  $S_{ein}$  des Schalters 25 vorgibt, wodurch der Spannungsregler weitgehend entlastet ist.

[0038] Das Dämpfungsglied bedämpft Eigenschwingungen des Zwischenkreisstromes  $I_Z$  in der aus induktivem Übertragerkopf 5 mit Kompensationskondensator, Gleichrichter 22 und Zwischenkreisdrossel 23 bestehenden schwingungsfähigen Anordnung.

[0039] In anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbei-



spielen wird statt des sägezahnförmigen Modulatorsignals  $I_{sz}$  ein periodisches Modulatorsignal mit zeitlich linear verlaufenden An- und Abstiegsflanken verwendet, wobei der Betrag der Steigung der An- und Abstiegsflanken unterschiedlich wählbar ist. Bei gleichem Betrag der Steigung der beiden Flanken ergibt sich ein dreieckförmiger Verlauf.

[0040] im Gegensatz zur DE 197 35 624 C1 ist also nicht nur ein solches dreieckförmiges Modulatorsignal verwendbar, sondern insbesondere das in dem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel eingesetzte, einfach zu generierende, sägezahnförmige Modulatorsignal.

[0041] Bei den erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen werden Amplitude und Periodendauer  $T$  jeweils wie beim beschriebenen sägezahnförmigen Modulatorsignal gewählt. Dabei wird die Periodendauer  $T$  als fester Wert aus einem 10%-breiten Toleranzband um  $1/f_M$  herum gewählt. Somit ist das Schalten des Schalters 25 asynchron zum Verlauf des Stromes der Einspeisung 21. Es liegt kein fester Phasenbezug vor.

[0042] Die Schaltverluste des elektronisch ausgeführten Schalters 25 sind im Wesentlichen umgekehrt proportional zur Schaltfrequenz  $1/T$ . Aufgrund der großen verwendeten Periodendauer  $T$  ergeben sich also stark reduzierte Schaltverluste.

[0043] Die Dimensionierung der Zwischenkreisdrossel ist bestimmt durch die Verwendung der großen Periodendauer  $T$ , dem asynchronen Betrieb und der Forderung, dass der Zwischenkreisstrom im Betrieb nicht lückt, um einen kontinuierlichen Leistungsfluss zu gewährleisten. Von Vorteil ist bei diesem 10%-breiten Toleranzband, dass bei möglichst geringen Schaltverlusten die Zwischenkreisdrossel eine möglichst kleine Baugröße aufweist.

[0044] Bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen ist als Periodendauer  $T$  auch ein Wert aus einem 50%-breiten Toleranzband um  $1/f_M$  verwendbar.

[0045] Fig. 4 zeigt für ein anderes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel eines Anpassstellers ein Prinzipschaltbild mit zwei Einspeisungen (21, 31). Dabei werden die eingespeisten Ströme jeweils in einem Gleichrichter (22, 32) gleichgerichtet, mit jeweils einer Zwischenkreisdrossel (23, 33) geglättet und zusammengeführt. Je nach Leistungsbedarf des an dem Anpasssteller angeschlossenen Verbrauchers wird der Zwischenkreisstrom  $I_z$  mittels eines einzigen Schalters 25 entweder dem die Ausgangsspannung  $U_z$  des Anpassstellers puffernden Zwischenkreiskondensator 27 zugeführt oder vor diesem Zwischenkreiskondensator 27 abgeleitet.

[0046] Auf diese Weise sind nicht nur zwei synchron arbeitende, sondern auch zwei asynchron arbeitende Einspeisungen zur Versorgung des Anpassstellers einsetzbar.

[0047] Die Übertragerköpfe entnehmen also bei einem ersten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel Energie aus derselben Strecke. In diesem Fall arbeiten die Einspeisungen 21 und 31 synchron.

[0048] Die Übertragerköpfe entnehmen bei einem zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel Energie aus zwei verschiedenen Strecken. Dabei wird jede Strecke von einem Einspeisesteller 1 versorgt, wobei die Frequenzen der Mittelfrequenzstromquelle der jeweiligen Einspeisesteller 1 zumindest kleine Abweichungen aufweisen. Die Einspeisungen 21 und 31 arbeiten asynchron. Dieser Betrieb wird durch die Glättung des jeweiligen gleichgerichteten Stromes der entsprechenden Einspeisung (21, 31) mittels jeweils einer Zwischenkreisdrossel (23, 33) vor der Zusammenführung der Ströme ermöglicht.

[0049] In anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen entnehmen die Übertragerköpfe Energie aus mehreren verschiedenen Strecken. Dabei wird wiederum jede

Strecke von einem Einspeisesteller versorgt, wobei die Frequenzen der Mittelfrequenzstromquelle der jeweiligen Einspeisesteller wieder kleine Abweichungen aufweisen. Die Einspeisungen arbeiten asynchron. Dieser Betrieb wird wiederum nur durch die Glättung des jeweiligen gleichgerichteten Stromes der entsprechenden Einspeisung mittels jeweils einer Zwischenkreisdrossel vor der Zusammenführung der Ströme ermöglicht.

[0050] Fig. 5 zeigt für ein anderes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel ein Prinzipschaltbild mit zwei Anpassstellern, die verschiedene Einspeisungen (21, 31, 61, 71), Gleichrichter (22, 32, 62, 72), Zwischenkreisdrosseln (23, 33, 63, 73), und Dioden (26, 66) umfassen und deren Ausgänge über Dioden (51, 52) parallelgeschaltet sind. Je nach Leistungsbedarf des Verbrauchers wird der jeweilige Zwischenkreisstrom mittels der unabhängig voneinander arbeitenden Schalter (25, 65) entweder dem jeweiligen Zwischenkreiskondensator (27, 67) zugeführt oder vor diesem abgeleitet.

[0051] Die gezeigten und beschriebenen Schaltbilder und Regelungen sind nur als Prinzipschaltbilder zu verstehen. Dem Fachmann ist die Auslegung und Abänderung zur praktischen Realisierung der Erfindung geläufig.

[0052] Bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen weicht die Mittelfrequenz vom beispielhaft genannten Wert von 25 kHz ab. Auch Mittelfrequenzen im Bereich von 10 kHz bis 50 kHz sind technisch ausführbar.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur berührungslosen Energieübertragung elektrischer Leistung aus einer oder mehreren Mittelfrequenzstromquellen, deren Frequenzen Abweichungen um die Mittelfrequenz  $f_M$  aufweisen können, auf mindestens einen bewegten Verbraucher über eine oder mehrere Übertragungsstrecken und den Verbrauchern zugeordneten Übertragerköpfen mit nachgeschaltetem Anpasssteller zum Einstellen der von der Übertragungsstrecke aufgenommenen Leistung, wobei eine Übertragungsstrecke von einer Mittelfrequenzstromquelle mit einem während der Leistungsübertragung in seinem Effektivwert konstanten Mittelfrequenzstrom gespeist wird, wobei der jeweilige Verbraucher von mindestens einem Anpasssteller mit mindestens einer Einspeisung mit Energie versorgt wird, wobei ein oder mehrere eingespeiste Ströme in jeweils einem Gleichrichter gleichgerichtet, mit jeweils einer Zwischenkreisdrossel geglättet und zusammengeführt werden, wobei je nach Leistungsbedarf der Verbraucher der jeweils zusammengeführte Zwischenkreisstrom mittels eines Schalters entweder einem die Ausgangsspannung  $U_z$  des Anpassstellers puffernden Zwischenkreiskondensator zugeführt oder vor diesem abgeleitet wird, und wobei der jeweilige Schalter derart geschaltet wird, dass die Schaltfrequenz  $1/T$  kleiner ist als die zweifache Mittelfrequenz, also  $1/T < 2f_M$ .
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltfrequenz  $1/T$  als Wert zwischen  $0,5f_M$  und  $1,5f_M$  gewählt wird.
3. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schalten des Schalters asynchron zu einer oder mehreren mittelfrequenten Einspeisungen ausgeführt wird und/oder dass das Schalten des Schalters periodisch mit einer Frequenz  $1/T$  derart durchgeführt wird, dass kein konstanter Phasenbezug zu den Strömen einer



oder mehrerer Einspeisungen vorhanden ist.

4. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenkreisdrossel derart ausgelegt wird, dass der Zwischenkreisstrom im Betrieb nicht lückt. 5

5. Verfahren nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenzen der mittelfrequenten Einspeisungen Abweichungen um  $f_M$  aufweisen,

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach 10 mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Mittel zur Ansteuerung des jeweiligen Schalters keine Mittel zur Synchronisation auf die mittelfrequenten Einspeisungen umfassen.

7. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass 15 die Mittel zur Ansteuerung des jeweiligen Schalters einen Modulator mit zeitlich linear verlaufenden An- und Abtriebsflanken umfassen, wobei der Betrag der Steigung der An- und Abtriebsflanken unterschiedlich 20 wählbar ist.

8. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Modulator ein Sägezahngenerator ist.

9. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass 25 ein Anpasssteller mehrere Einspeisungen aufweist, die jeweils einen Gleichrichter speisen, deren Ausgangsströme jeweils über eine Zwischenkreisdrossel zusammengeführt werden und dass ein Schalter derart nach- 30 geschaltet ist, dass der Zwischenkreisstrom je nach Leistungsbedarf des an dem Anpasssteller angeschlossenen Verbrauchers entweder einem die Ausgangsspannung  $U_z$  des Anpassstellers puffernden Zwischenkreiskondensator zugeführt oder vor diesem Zwischenkreiskondensator abgeleitet wird. 35

10. Vorrichtung nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass 40 die Ausgangsspannungen zweier oder mehrerer Anpasssteller über Dioden parallelgeschaltet werden zur Versorgung eines Verbrauchers.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

45

50

55

60

65



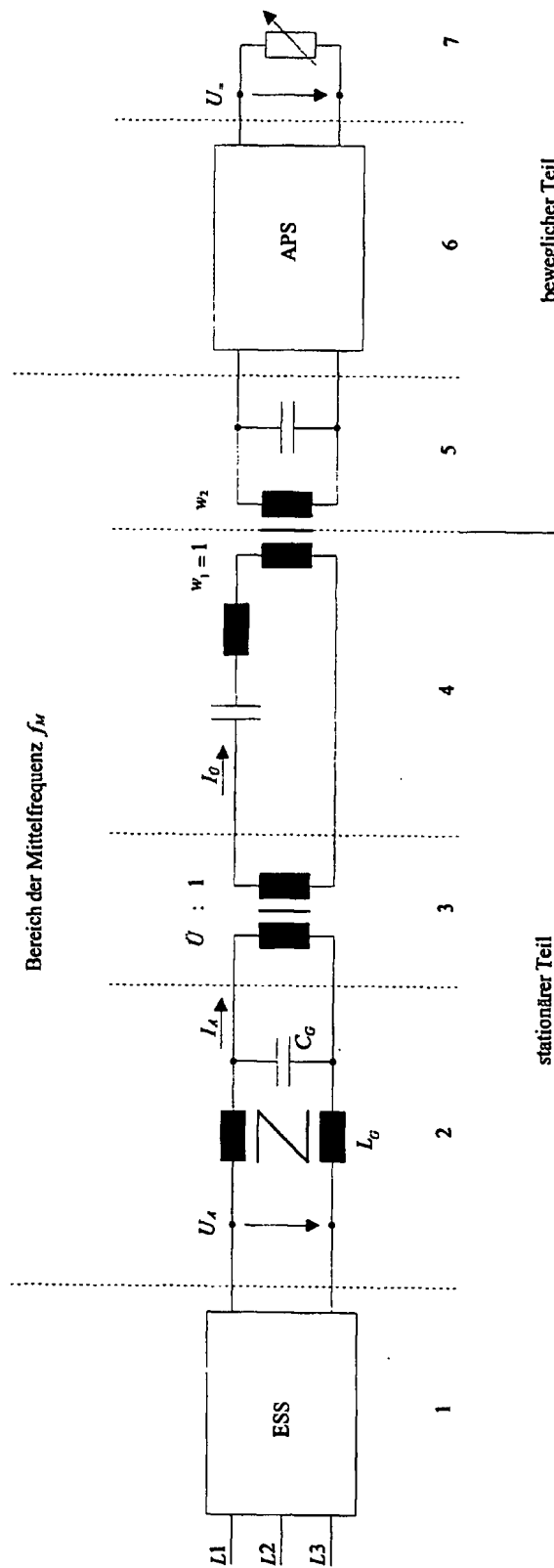
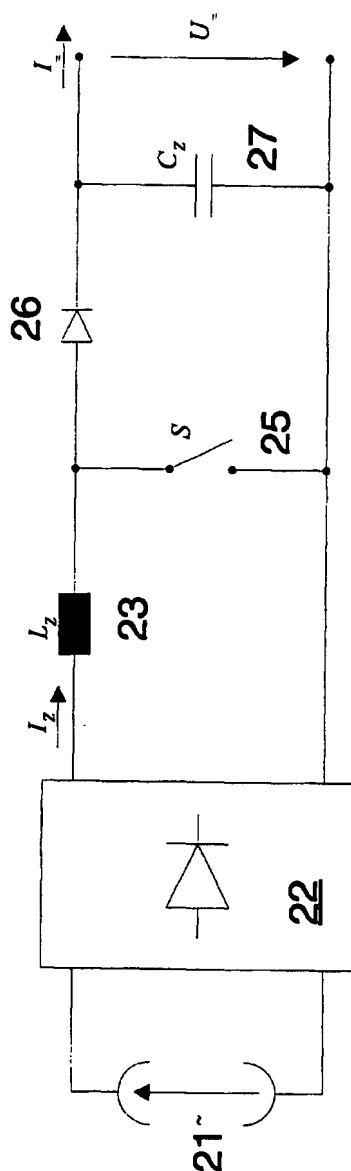
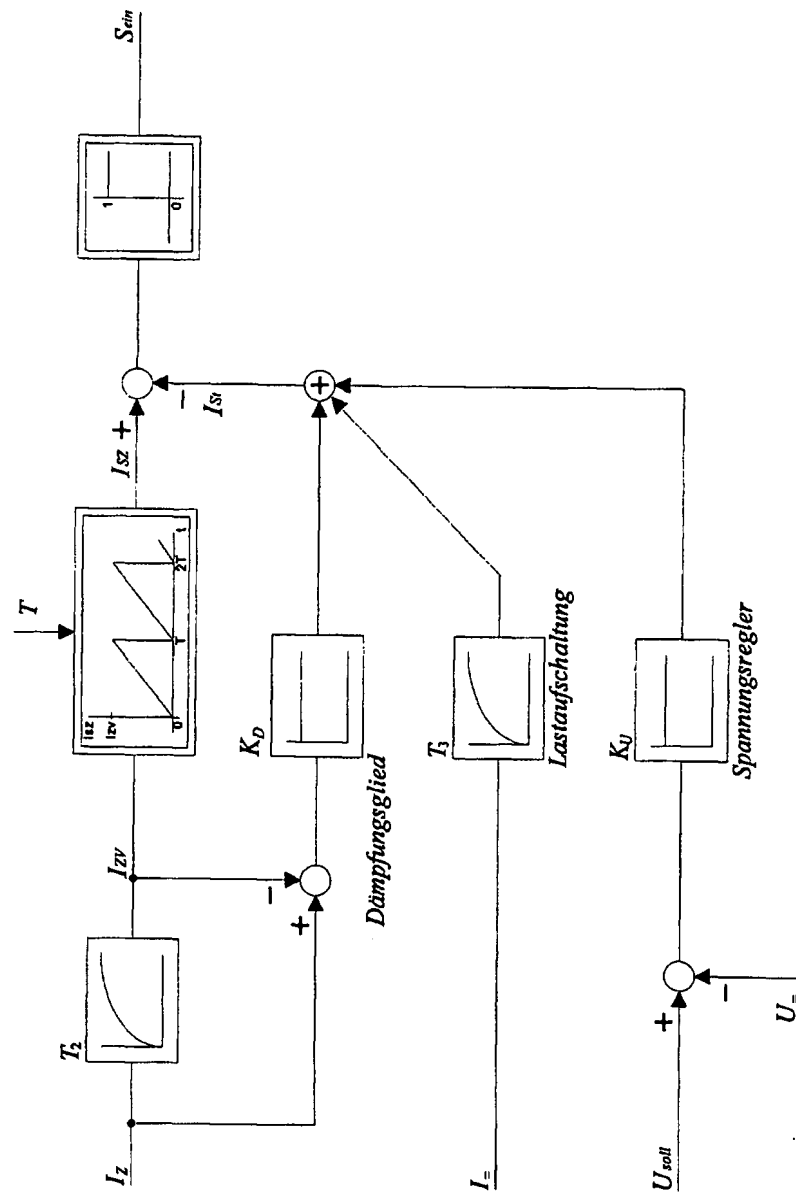


Fig. 1



**Fig. 2**





**Fig. 3**

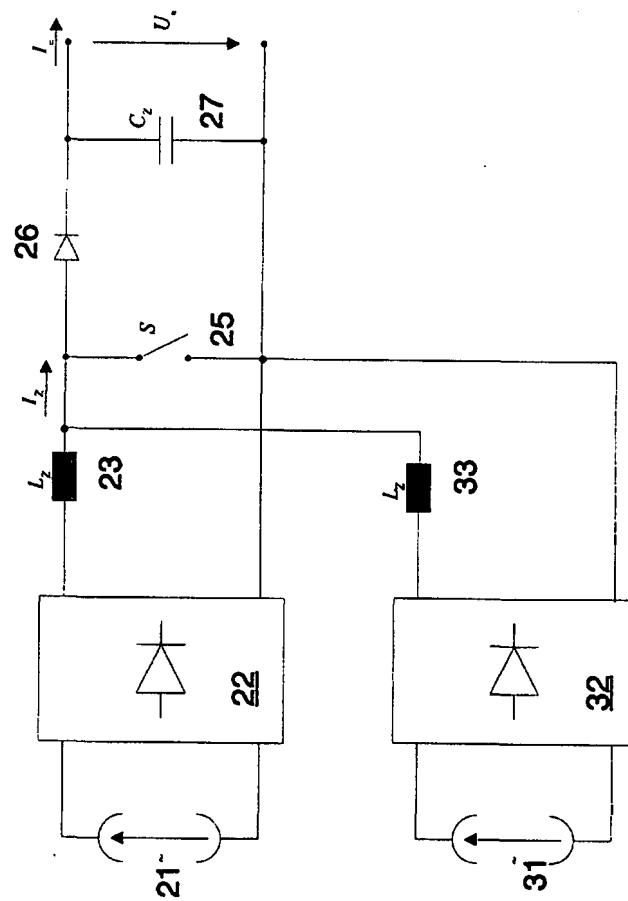


Fig. 4

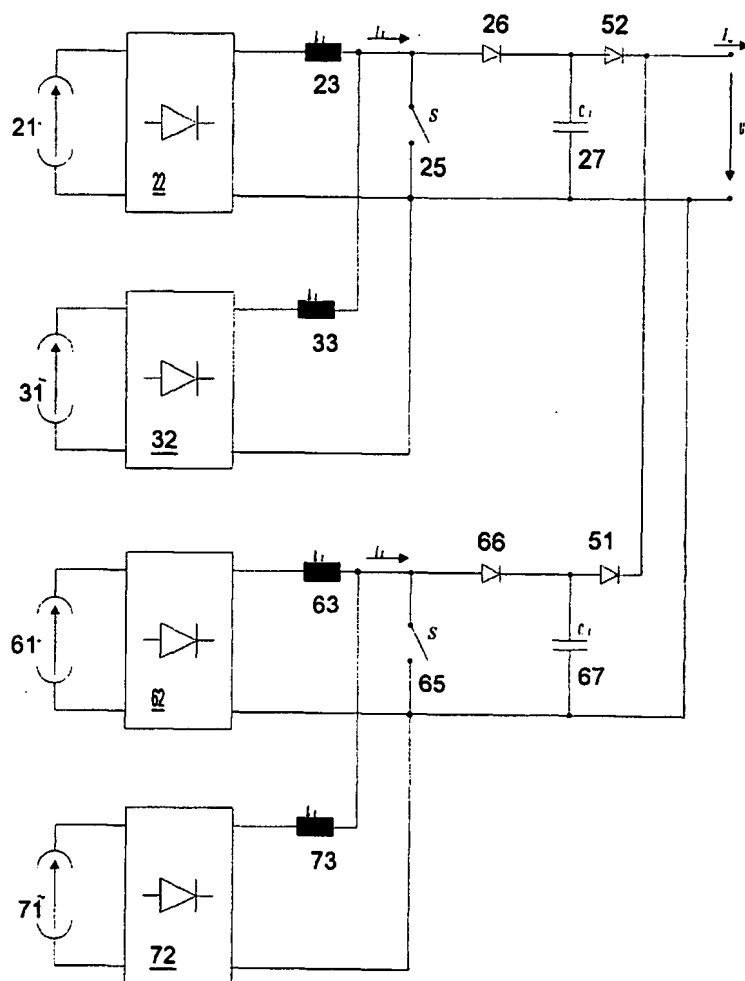


Fig. 5